昆 虫 学 报 Acta Entomologica Sinica, September 2010, 53(9): 1009 - 1014 ISSN 0454-6296

悬铃木叶片对悬铃木方翅网蝽为害的生理响应

鞠瑞亭[1,2], 王 凤[1], 李 博[2,*]
(1. 上海市园林科学研究所植物保护研究部, 上海 200232;
2. 复旦大学生物多样性研究所, 生物多样性和生态工程教育部重点实验室, 上海 200433)

摘要: 为了认识近年来入侵中国的外来害虫悬铃木方翅网蝽 *Corythucha ciliata* 刺吸为害对寄主的影响, 将室内饲养虫源接入野外悬铃木 *Platanus × acerifolia* 叶片上, 利用光合作用仪和比色法, 测定了不同受害级别下悬铃木叶片几种生理性状的变化。结果表明: 随着受害级别的增高, 叶片光合速率(*Pn*)、气孔导度(*Gs*)、蒸腾速率(*Tr*)总体呈下降趋势。叶片不同受害级别与胞间 CO_2 浓度(*Ci*)呈正相关($P < 0.01$)。悬铃木方翅网蝽刺吸悬铃木叶片组织后, 叶片叶绿素 a、b 和类胡萝卜素都较对照降低, 且随着被害级别的增高, 降低程度逐渐增大。叶面积受害级别与叶绿体色素之间呈显著的负相关关系($P < 0.01$)。随着叶片受害级别的增大, 可溶性糖含量呈下降趋势, 而游离脯氨酸含量的变化则无规律性。这些结果说明, 悬铃木方翅网蝽的刺吸为害能造成寄主植物光合作用的减弱及叶片其他生理生化指标变化。

关键词: 悬铃木; 悬铃木方翅网蝽; 叶片损害; 生理相应; 光合作用
中图分类号: Q965 **文献标识码**: A **文章编号**: 0454-6296(2010)09-1009-06

Leaf physiological responses in the London plane tree (*Platanus × acerifolia*) (Platanaceae) to injury by the sycamore lace bug, *Corythucha ciliata* (Hemiptera: Tingidae)

JU Rui-Ting[1,2], WANG Feng[1], LI Bo[2,*] (1. Department of Plant Protection, Shanghai Institute of Landscape Gardening Science, Shanghai 200232, China; 2. Ministry of Education Key Laboratory for Biodiversity Science and Ecological Engineering, Institute of Biodiversity Science, Fudan University, Shanghai 200433, China)

Abstract: The sycamore lace bug, *Corythucha ciliata*, is a newly found invasive insect in China. To examine the effects of piercing-sucking by *C. ciliata* on its host plants, we measured several physiological and biochemical traits of the London plane tree (*Platanus × acerifolia*) leaves injured by the bug using photosynthetic apparatus and colorimetric analysis. The results showed that with increasing leaf injury by the bug, the photosynthetic rate (*Pn*), stomatal conductance (*Gs*), transpiration rate (*Tr*) in *P. × acerifolia* generally decreased. Positive relation existed between leaf injury and intercellular CO_2 concentration (*Ci*) ($P < 0.01$). After the leaf tissue of *P. × acerifolia* was pierced and sucked by *C. ciliata* adults, the chlorophyll a, b and carotenoid contents decreased compared with those of the control. There was a negative relation between leaf injury and chloroplast pigment content ($P < 0.01$). With increasing leaf injury, soluble sugar content decreased, but no consistent pattern of free proline content in leaves was observed. The results suggest that photosynthesis is weakened and some other physiological and biochemical parameters are changed in *P. × acerifolia* leaves injured by *C. ciliata*.

Key words: London plane tree (*Platanus × acerifolia*); *Corythucha ciliata*; leaf injury; physiological response; photosynthesis

植食性昆虫取食植物叶片后, 可引起植物的一系列生理响应, 这些响应包括植物化学组成的变化、物候改变、形态改变和生理性状的变化等 (Karban and Baldwin, 1997)。研究表明, 当植物叶片被昆虫取食后, 植物叶片不但发生了结构性变异, 而且其一系列生理生化指标也出现了显著变化

基金项目: 国家"十一五"科技支撑计划项目(2008BAJ10B05); 上海市科委重大项目(09dz0580202); 上海市科委基础研究重点项目(10JC1414100)
作者简介: 鞠瑞亭, 男, 1978 年生, 江苏射阳人, 博士研究生, 高级工程师, 主要从事生物入侵研究, Tel.: 021-54364450; E-mail: jurt5907@sohu.com
* 通讯作者 Corresponding author, E-mail: bool@fudan.edu.cn
收稿日期 Received: 2010-02-04; 接受日期 Accepted: 2010-07-05

(Sances *et al*., 1979; Welter, 1989; Zangerl *et al*., 2002; Haile and Higley, 2003; 张慧杰等, 2006)。

悬铃木具有树形优美、适应性强、耐修剪的特点,同时还有降噪、抗污染(包括粉尘、SO_2 和 NH_3 等)和杀菌能力(有效地避免结核、伤寒、白喉、霍乱和痢疾等疾病的发生与蔓延),成为首选的城市及工厂区绿化树种。悬铃木方翅网蝽 *Corythucha ciliata* (Say) 属半翅目(Hemiptera)网蝽科(Tingidae),是中国新发现的一种外来入侵昆虫(李传仁等, 2007; 王福莲等, 2008),主要为害悬铃木属 *Platanus* 植物,包括一球悬铃木 *P. occidentalis*、二球悬铃木 *P.* × *acerifolia* 和三球悬铃木 *P. orientalis* (Maceljski and Balarin, 1972; Battisti *et al*., 1985; Halbert and Meeker, 1998)。为害初期表现为叶片主脉、侧脉周围呈斑点状失绿,后期可致全株叶片变为黄白色,从而影响植株的光合作用,导致叶片提前枯黄和掉落,给悬铃木的生长和生态效应的实现带来不可忽视的负面影响。

目前对悬铃木方翅网蝽的研究多定位在地理分布(Ju *et al*., 2009)、寄主种类(鞠瑞亭等, 2010)、生物学及生态学特性(Kim *et al*., 1999; Song and Cho, 2000; 夏文胜等, 2007)、种群动态(Öszi *et al*., 2005)、防治技术(Song and Cho, 2000; Yoon *et al*., 2008)、天敌种类(Arzone, 1984; Sidor, 1985; Driesche, 1985; Tavella and Arzone, 1987)和抗寒性(刘亚军和李传仁, 2009)等方面。在已有文献中,有关悬铃木方翅网蝽对寄主叶片生理性状的影响只见定性的描述,而无详细、系统的报道(Soria *et al*., 1991; Halbert and Meeker, 1998; Öszi *et al*., 2005)。基于此,本文报道了悬铃木方翅网蝽刺吸悬铃木后对其叶片的几个生理性状的影响,该研究对于定量描述该虫对悬铃木生态功能效益损失有着重要的参考价值。

1　材料与方法

1.1　供试材料

供试虫源和植物:悬铃木方翅网蝽虫源采自上海市徐汇区百色路悬铃木植株上,带回实验室以二球悬铃木 *Platanus* × *acerifolia* 叶片饲养,饲养条件为温度 26℃、RH 85%、光周期 14L∶10D,以后代中的初羽化成虫供试。供试植物为二球悬铃木。试验地点位于上海市徐汇区百色路,该道路双侧种植二球悬铃木,树高 6~8 m,为单纯行道树。

1.2　受害级别分级

2009 年 7 月中旬用毛笔将室内饲养的悬铃木方翅网蝽初羽化成虫接到试验地点无损害的悬铃木叶面上,接虫位置为树木冠层东南方位的下部枝条,在距离顶梢的第 4 张叶片上分别接入 15 头/叶、30 头/叶和 45 头/叶 3 个处理密度的成虫,以造成叶片不同的受害级别,每个处理接虫时都接在同一叶位的叶片上,接完后用网兜罩住整个叶片以防网蝽逃逸。根据叶片的失绿面积的不同,试验设 5 个级别的处理,并以 0 级(不接虫,叶片无刺吸痕迹)为对照。

参照《上海市绿化植物保护技术规程》,将悬铃木叶片受害级别(leaf injury class)设为以下 5 级:1 级,失绿叶面积小于测试叶面积的 10%;2 级,失绿叶面积占测试叶面积的 10%~20%;3 级,失绿叶面积占测试叶面积的 20%~30%;4 级,失绿叶面积占测试叶面积的 30%~40%;5 级,失绿叶面积占测试叶面积的 40%以上。

1.3　不同受害级别下寄主植物叶片光合生理参数的测定

于接虫后第 9 天正午,选取同一试验点不同为害程度的阳生叶的为害部位,在阳光直射条件下,利用光合作用仪(LICOR-6400 型,基因公司生产)测定受害叶片的光合速率(photosynthetic rate, *Pn*)、气孔导度(stomatal conductance, *Gs*)、胞间 CO_2 浓度(intercellular CO_2 concentration, *Ci*)和蒸腾速率(transpiration rate, *Tr*)。测定资料及微环境参数直接存入仪器控制台的电脑中,在 Microsoft Excel 2007 程序中读取资料并分析。参考 1.2 的分级标准,试验设 5 个级别的处理,并以 0 级为对照,每个处理重复 5 次,每个重复测定符合受害级别的 1 片叶片的 2 cm × 3 cm 面积。

1.4　不同受害级别下寄主植物叶片色素、可溶性总糖和游离脯氨酸含量的测定

于接虫后第 9 天至第 12 天,选取试验点的受害叶片的为害部位,将其摘下后放入保温壶立即带回实验室。选取为害较重的叶片,参考 1.2 的分级标准,用直径 0.7 cm 的打孔器在同一叶片上取不同受害级别的叶片组织(避免取叶缘、叶基、中脉和侧脉组织)。分别用乙醇提取法测定叶绿素、类胡萝卜素的含量,用蒽酮比色法测定可溶性糖的含量,用酸性茚三酮溶液显色法测定游离脯氨酸含量(王学奎, 2006)。各试验设 5 个级别的处理,并以 0 级为对照,每个处理重复 5 次,每个重复样品取 5

块打孔叶片。

1.5　数据统计与分析

各处理平均数经过方差分析后，如存在显著差异，采用 Duncan 氏新复极差多重比较法对各受害级别下的光合生理指标进行差异分析，数据处理采用 DPS 数据处理系统（唐启义和冯明光，2002）进行。

2　结果与分析

2.1　悬铃木方翅网蝽为害对寄主植物叶片光合生理参数的影响

悬铃木方翅网蝽刺吸植物叶片后，随着受害级别的增加，叶片的净光合速率（*Pn*）、气孔导度（*Gs*）、蒸腾速率（*Tr*）均呈显著的下降趋势（*Pn*：$F_{5,24}=381.932$，$P<0.0001$；*Gs*：$F_{5,24}=74.673$，$P<0.0001$；*Tr*：$F_{5,24}=334.982$，$P<0.0001$）；多重比较表明，当受害级别超过 2 级以上，叶片的 *Pn*、*Gs*、*Tr* 均显著低于对照（表 1）。各生理参数（*y*）与受害级别（*x*）之间呈显著的负相关关系，具体可用以下回归方程描述：

Pn：$y=-1.32x+6.71$（$r^2=0.98$，$P<0.01$）；

Gs：$y=-0.07x+0.46$（$r^2=0.96$，$P<0.01$）；

Tr：$y=-1.82x+10.98$（$r^2=0.95$，$P<0.01$）。

另外，由表 1 得知，胞间 CO_2浓度（*Ci*）随受害级别的增加而显著增加（$F_{5,24}=86.69$，$P<0.0001$），*Ci*（*y*）同为害等级（*x*）呈显著的正线型相关，其回归方程为：

Ci：$y=4.43x+183.58$（$r^2=0.98$，$P<0.01$）。

表 1　悬铃木方翅网蝽刺吸为害对悬铃木叶片光合生理参数的影响

Table 1　Effect of leaf piercing-sucking by *Corythucha ciliata* on photosynthetic parameters in *Platanus × acerifolia*

叶面受害级别 Leaf injury class	光合速率 *Pn* (μmol/m² · s)	气孔导度 *Gs* (mol/m² · s)	胞间 CO_2 浓度 *Ci* (μmol/mol)	蒸腾速率 *Tr* (mmol/m² · s)
0	6.40 ± 0.24 a	0.45 ± 0.04 a	183.43 ± 1.83 c	10.24 ± 0.45 a
1	6.08 ± 0.43 a	0.41 ± 0.01 a	186.93 ± 3.48 c	9.98 ± 0.12 a
2	3.80 ± 0.40 b	0.31 ± 0.04 b	194.13 ± 3.35 b	6.92 ± 0.08 b
3	2.64 ± 0.29 c	0.27 ± 0.03 b	197.69 ± 6.61 b	6.58 ± 0.25 b
4	1.36 ± 0.01 d	0.22 ± 0.04 c	199.78 ± 0.73 d	3.25 ± 0.89 c
5	0.25 ± 0.09 e	0.09 ± 0.02 d	206.04 ± 4.16 a	1.61 ± 0.02 d

表中数据为平均值 ± 标准误；根据新复极差测验，同一列标有不同字母的平均数表示其差异显著（$P<0.05$）；表 2 同。测定时叶面平均温度为 38.98 ± 0.86℃，空气中 CO_2 浓度为 231.48 ± 6.01 μmol/mol，空气相对湿度为 43.79% ± 0.75%，光合有效辐射为 1146.22 ± 148.48 μmol CO_2/m² · s，测定叶面积为 2 cm × 3 cm。Values in table are mean ± *SE*, and the means within the same column followed by a different letter are significantly different at $P<0.05$ (ANOVA followed by Duncan's new multiple range test); the same for Table 2. During the experiments, the average temperature of the leaf measured was 38.98 ± 0.86℃, CO_2 concentration in the air was 231.48 ± 6.01 μmol/mol, relative humidity in the air was 43.79% ± 0.75%, photosynthetically active radiation was 1146.22 ± 148.48 μmol CO_2/m² · s, and leaf area measured was 2 cm × 3 cm.

2.2　悬铃木方翅网蝽为害对植物叶片叶绿素、类胡萝卜素含量的影响

悬铃木方翅网蝽刺吸叶片汁液后，叶片中叶绿素 a、b 和类胡萝卜素含量均较对照显著减少（叶绿素 a：$F_{5,24}=10.626$，$P<0.0001$；叶绿素 b：$F_{5,24}=9.372$，$P<0.0001$；类胡萝卜素：$F_{5,24}=9.201$，$P<0.0001$）。随着受害级别的增高，减少量逐渐增大，其中叶绿素 a 的降幅最大（图 1）。当受害级别达到 5 级时，悬铃木叶片的叶绿素 a、b 及类胡萝卜素的含量分别仅为对照的 57.77%，55.50% 和 62.41%。

对叶片受害级别与叶绿素 a、b 和类胡萝卜素含量的回归分析表明，叶绿素 a、b 和类胡萝卜素含量（*y*）与叶片受害级别（*x*）之间的关系呈显著的负线型相关，各自回归关系可分别用下列公式表达：

叶绿素 a：$y=-0.22x+3.04$（$r^2=0.85$，$P<0.01$）；

叶绿素 b：$y=-0.10x+1.21$（$r^2=0.88$，$P<0.01$）；

类胡萝卜素：$y=-0.03x+0.42$（$r^2=0.92$，$P<0.01$）。

2.3　悬铃木方翅网蝽为害对寄主植物叶片可溶性糖和游离脯氨酸含量的影响

悬铃木方翅网蝽刺吸寄主植物叶片后，随着受

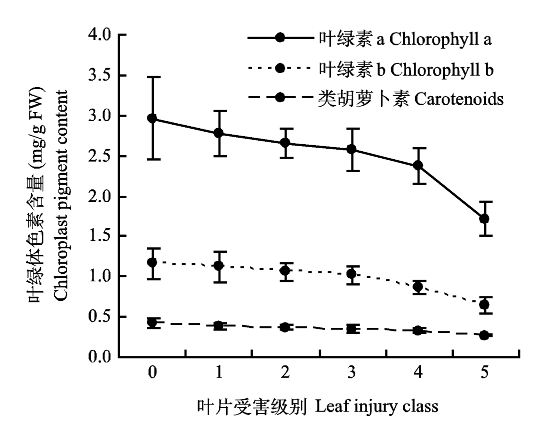


图 1 悬铃木方翅网蝽刺吸为害悬铃木后对叶片叶绿体色素含量的影响

Fig. 1 Effect of leaf piercing-sucking by *Corythucha ciliata* on chloroplast pigment content in *Platanus* × *acerifolia*

害级别的增加，叶片中可溶性糖含量呈显著的下降趋势($F_{5,24}=6.056$, $P=0.0009$)（表2）；而游离脯氨酸含量不随受害级别的增加而呈现一致的变化规律(表2)。

对叶片受害级别与可溶性糖的含量进行回归分析，结果表明，可溶性糖的含量(y)与叶片受害级别(x)之间的关系呈显著的负线型相关，可建立以下回归方程：

$y=-0.28x+4.37$ ($r^2=0.85$, $P<0.01$)。

表 2 悬铃木方翅网蝽为害对悬铃木叶片可溶性糖和游离脯氨酸含量的影响

Table 2 Effect of leaf piercing-sucking by *Corythucha ciliata* on contents of soluble sugars and free proline in *Platanus* × *acerifolia*

叶片受害级别 Leaf injury class	可溶性糖(mg/g) Soluble sugars	游离脯氨酸(mg/g) Free proline
0	4.54 ±0.73 a	0.0137 ±0.0002 abc
1	3.97 ±0.54 ab	0.0148 ±0.0019 ab
2	3.69 ±0.40 bc	0.0158 ±0.0013 a
3	3.51 ±0.40 bc	0.0114 ±0.0026 c
4	3.23 ±0.47 c	0.0133 ±0.0012 bc
5	3.04 ±0.25 c	0.0127 ±0.0019 bc

3 讨论

刺吸式口器昆虫或螨类通过刺吸为害，潜叶类昆虫通过潜叶为害，可破坏叶绿素组织而直接影响植物的光合作用(Welter, 1989)。季延平(1997)报道了枣树锈瘿螨 *Epitrimerus zizyphagus* 对枣树几项生理指标的影响，结果表明枣树经过螨类刺吸为害后，受害叶光合速率平均降低 37.05%，受害叶比健康叶叶绿素含量减少。张慧杰等(2006)报道了美洲斑潜蝇 *Liriomyza sativa* 对蓖麻和菜豆潜叶为害后，随着叶片受害程度的增加，叶片的光合速率、气孔导度、蒸腾速率均呈下降趋势，而胞间 CO_2 浓度出现增加趋势。本研究结果与上述报道结果一致。

悬铃木方翅网蝽对寄主造成的虫伤主要是刻点伤害。通常认为，虫伤会加剧叶子的蒸腾作用，引起未受害细胞的失水。本研究表明悬铃木叶片受到虫害以后，气孔导度和蒸腾速率基本随受害级别的增高而下降。这可能是不同的测定时间所得出的不同结果。悬铃木方翅网蝽刚为害寄主后，寄主的蒸腾作用可能会增高，但是随着虫伤周围细胞的失水，气孔导度和蒸腾速率反而会逐渐减弱。

悬铃木方翅网蝽刺吸悬铃木叶片后，在光合作用最旺盛的时期测量，受害叶片受害级别为 5 级时，光合速率比健康叶片降低了 96.10%，叶绿素 a、b 及类胡萝卜素的含量分别比健康叶片降低了 42.23%，44.5% 和 37.95%。这说明悬铃木方翅网蝽口针刺入叶组织取食后使叶绿体受到一定程度的损伤。叶绿体是植物光合作用的主要场所，叶绿素含量降低，导致叶片光合作用减弱。类胡萝卜素的功能为吸收和传递光能，担当叶绿体光合作用的辅助色素并保护叶绿素免受强光破坏，类胡萝卜素的降低，导致其对叶绿素保护功能的下降，从而进一步影响了植物的光合作用。

网蝽刺吸除降低栅栏组织细胞的叶绿素含量以外，还直接造成细胞的死亡，活细胞数量降低，组织解体，并造成组成光合作用产物的运输困难，所以，被害叶片的光合速率明显下降。受害叶片表皮显露出焦枯黄白色斑点，与网蝽对叶肉组织的机械性破坏和海绵组织就近得不到充足的光合产物有密切的关系。

可溶性糖作为渗透保护物质，可提高细胞液的浓度，增加细胞持水组织中的游离水，缓冲细胞质过度脱水。研究发现，害虫为害可引起植株组织糖含量的上升，如烟蚜 *Myzus persicae* 为害使烟草的蔗糖含量显著提高，还原糖含量略有上升(郭线茹和罗梅浩，1995)。本研究结果与该结论相反，可溶性糖的含量与叶片受害级别之间的关系呈显著的负相关。导致含糖量下降的原因可能是：(1)光合作用减弱，光合产物势必会受到影响；(2)害虫直接

取食也导致可溶性糖含量下降；(3)植物被取食后植株生理代谢失调，糖类消耗加剧，同样导致可溶性糖含量的下降(陈应武等，2004)。

正常条件下，植物体内的游离氨基酸含量很低，但在虫害胁迫下，植物的游离氮基酸含量迅速上升。植物体内游离脯氨酸含量可作为抗逆性的一项生理生化指标(西北农业大学，1986；曾广文和蒋德安，1998)。悬铃木方翅网蝽为害初期叶片脯氨酸含量的升高，是一种抗逆反应。当为害加重时，脯氨酸含量反而减少，有关原因尚需做进一步研究。

参 考 文 献 (References)

Arzone A, 1984. Preliminary report on natural enemies of *Corythucha ciliata* (Say) in Italy. *IUBS Bull. WPRS*, 9(1): 34.

Battisti R, Forti A, Zangheri S, 1985. Research on biology of sycamore lace bug *Corythucha ciliata* (Say) (Rhynchota Tingidae) in the Veneto region. *Frustula Entomol.*, (7-8): 125-141.

Chen YW, Dou CH, Zhang XH, Li XR, 2004. Physiological variation of damaged leaves of pears by *Eriophyes pyri* Pagenstecher. *J. Lanzhou Univ. (Nat. Sci.)*, 40(1): 68-71. [陈应武，窦彩虹，张新虎，李新荣，2004. 梨瘿螨的危害对梨叶片几种生理生化指标的影响. 兰州大学学报(自然科学版)，40(1)：68-71]

Driesche RGV, 1985. Biological control of *Corythucha ciliata* the sycamore lace bug, in Europe, trough importation of natural enemies from America: a proposed project. *IUBS Bull. WPRS*, 9(1): 87.

Guo XL, Luo MH, 1995. Effect of *Myzus persicae* on the physiology and development of tobacco. *Acta Agric. Boreali-Sin.*, 10(2): 95-99. [郭线茹，罗梅浩，1995. 烟蚜危害对烟草生理及生长发育的影响. 华北农学报，10(2)：95-99]

Haile FJ, Higley LG, 2003. Changes in soybean gas-exchange after moisture stress and spider mite injury. *Environ. Entomol.*, 32: 433-440.

Halbert SE, Meeker JR, 1998. The sycamore lace bug, *Corythucha ciliata* (Say) (Hemiptera: Tingidae). *Entomol. Circular*, 387: 2-3.

Ji YP, 1997. Effect of *Epitrimerus zizyphagus* on several physiological indexes of jujube. *J. Shandong For. Sci. Technol.*, (1): 18-20. [季延平，1997. 枣树锈瘿螨对枣树几项生理指标的影响. 山东林业科技，(1)：18-20]

Ju RT, Li YZ, Wang F, Du YZ, Wan FH, 2009. Spread of an exotic species, *Corythucha ciliata* (Say, 1832), in China (Hemiptera: Tingidae). *Entomol. News*, 120(4): 349-354.

Ju RT, Xiao YY, Xue GS, Wang F, Li YZ, Du YZ, 2010. Host range test of *Corythucha ciliata* (Say). *Chinese Bull. Entomol.*, 47(3): 558-562. [鞠瑞亭，肖娱玉，薛贵收，王凤，李跃忠，杜予州，2010. 悬铃木方翅网蝽寄主范围的测定. 昆虫知识，47(3)：558-562]

Karban R, Baldwin IT, 1997. Induced Responses to Herbivory. The University of Chicago Press, Chicago. ix+319 pp.

Kim GH, Choi MH, Kim JW, 1999. Effects of temperatures on development and reproduction of the sycamore lace bug, *Corythucha ciliata* (Hemiptera, Tingidae). *Korean J. Appl. Entomol.*, 38: 117-121.

Li CR, Xia WS, Wang FL, 2007. First record of *Corythucha ciliata* (Say) (Hemiptera: Tingidae), in China. *Acta Zootax. Sin.*, 32(4): 944-946. [李传仁，夏文胜，王福莲，2007. 悬铃木方翅网蝽在中国的首次发现. 动物分类学报，32(4)：944-946]

Liu YJ, Li CR, 2009. Supercooling point of the overwintering population of *Corythucha ciliata*. *Chinese Bull. Entomol.*, 46(6): 898-900. [刘亚军，李传仁，2009. 悬铃木方翅网蝽越冬种群的过冷却点测定. 昆虫知识，46(6)：898-900]

Maceljski M, Balarin I, 1972. A new member of the infurius entomofauna of Yugoslavia *Corythucha ciliata* (Say), Tingidae, Heteroptera. *Zastita Bilja*, 23: 193-205.

Northwest Agricultural University, 1986. Experimental Guide for Plant Physiology. Shaanxi Science and Technology Press, Xi'an. 147-152. [西北农业大学，1986. 植物生理学实验指导. 西安：陕西科学技术出版社. 147-152]

Öszi B, Lanányi M, Hufnagel L, 2005. Population dynamics of the sycamore lace bug in Hungary. *Appl. Ecol. Environ. Res.*, 4(1): 135-150.

Sances FV, Wyman JA, Ting IP, 1979. Physiological responses to spider mite infestation on strawberries. *Environ. Entomol.*, 8: 711-714.

Sidor C, 1985. Micro-organisms pathogenic for insects till now found in *Corythucha ciliata*. *IUBS Bull. WPRS*, 9(1): 72.

Song C, Cho KY, 2000. Ecological characteristics and insecticidal susceptibility of sycamore lace bug, *Corythucha ciliata* Say (Hemiptera: Tingidae). *Korean J. Life Sci.*, 10: 164-168.

Soria S, Muñoz A, Torre R, Jacoste A, 1991. *Corythucha ciliata* (Say, 1832) (Heteroptera: Tingidae) en la Comunidad de Madrid. *Boletin de Sanidad Vegetal Plagas*, 17(3): 440.

Tang QY, Feng MG, 2002. DPS Data Processing System for Practical Statistics. Science Press, Beijing. 648 pp. [唐启义，冯明光，2002. 实用统计分析及其DPS数据处理系统. 北京：科学出版社. 648页]

Tavella L, Arzone A, 1987. Indagini sui limitatori naturali di *Corythucha ciliata* (Say) (Rhynchota, Heteroptera). *Redia*, 70: 443-457.

Wang FL, Li CR, Liu WX, Wan FH, 2008. Advance in biological characteristics and control techniques of the new invasive sycamore lace bug (*Corythucha ciliata*). *Scientia Silvae Sinicae*, 44(6): 137-142. [王福莲，李传仁，刘万学，万方浩，2008. 新入侵物种悬铃木方翅网蝽的生物学特性与防治技术研究进展. 林业科学，2008，44(6)：137-142]

Wang XK, 2006. Experimental Principle and Technology of Plant Physiology and Biochemistry. 2nd ed. Higher Education Press, Beijing. [王学奎，2006. 植物生理生化实验原理和技术(第2版). 北京：高等教育出版社]

Welter SC, 1989. Arthropod impact on plant gas exchange. In: Bernays EA ed. Insect-Plant Interaction. CRC Press, Boca Raton, FL. 135-151.

Xia WS, Liu C, Dong LK, Ou KF, 2007. Occurrence and biology of

Corythucha ciliata. *Plant Prot*., 33: 142 – 145. [夏文胜, 刘超, 董立坤, 欧克芳, 2007. 悬铃木方翅网蝽的发生与生物学特性. 植物保护, 33(6): 142 – 145]

Yoon C, Yang JO, Kang SH, Kim GH, 2008. Insecticidal properties of bistrifluron against sycamore lace bug, *Corythucha ciliata* (Hemiptera: Tingidae). *J. Pestic. Sci*., 33: 44 – 50.

Zangerl AR, Hamilton JG, Miller TJ, Crofts AR, Oxborough K, Berenbaum MR, de Lucia EH, 2002. Impact of folivory on photosynthesis is greater than the sum of its holes. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 99: 1088 – 1091.

Zeng GW, Jiang DA, 1998. Plant Physiology. Chengdu Science and Technology University Press, Chengdu. 123 – 365. [曾广文, 蒋德安, 1998. 植物生理学. 成都: 成都科技大学出版社. 123 – 365]

Zhang HJ, Duan GQ, Zhang ZB, Liang ZJ, Zhang DM, Xu Q, Wang XM, Xu AL, Liu Z, 2006. Effect of leaf mining by *Liriomyza sativa* larvae on photosynthesis of some crops. *Acta Entomol. Sin*., 49(1): 100 – 105. [张慧杰, 段国琪, 张战备, 梁哲军, 张冬梅, 许琦, 王晓民, 许爱玲, 刘珍, 2006. 美洲斑潜蝇幼虫潜叶为害对几种作物光合作用的影响. 昆虫学报, 49(1): 100 – 105]

(责任编辑: 袁德成)